

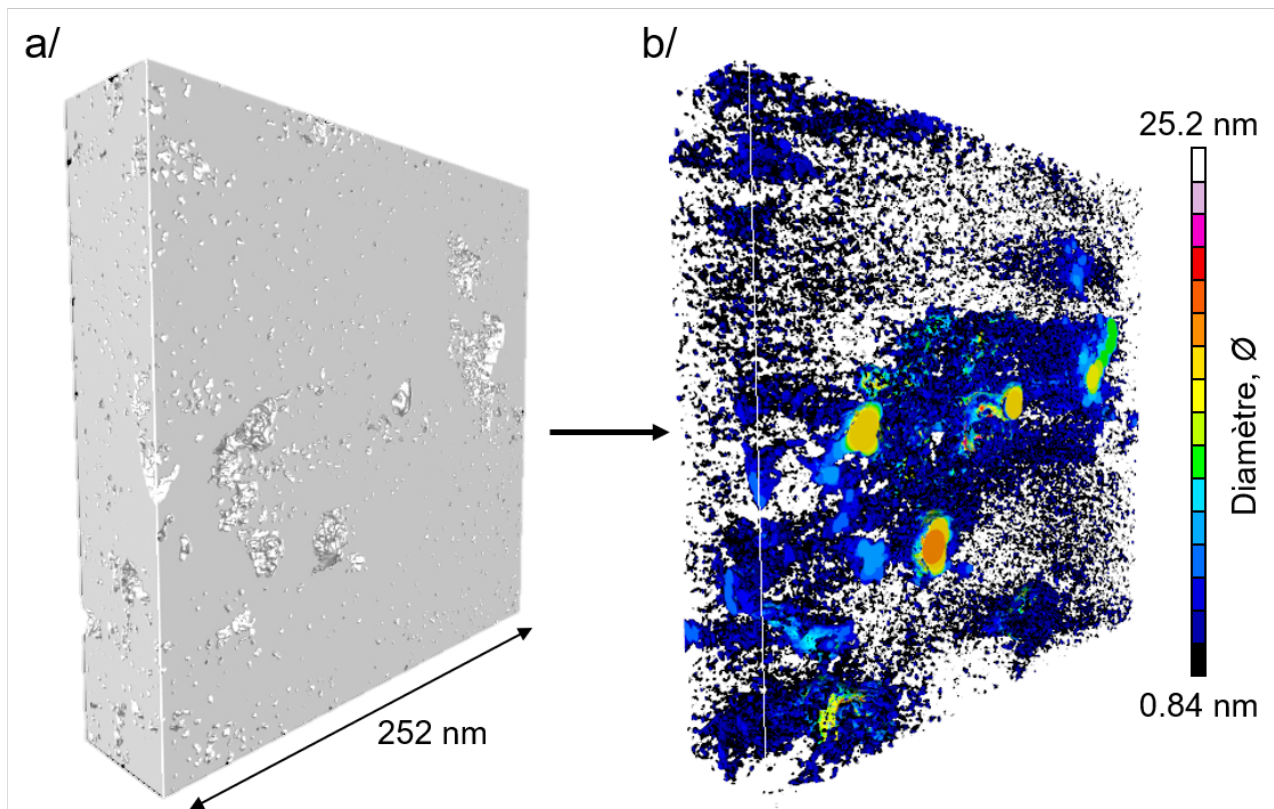
Comment le réseau poreux des roches mères retient les hydrocarbures qu'elle génère ?

La matière organique qui se transforme en pétrole ou en gaz est contenue dans la roche mère, une couche sédimentaire visée par des techniques extractives telles que la fracturation hydraulique. La tomographie électronique a permis de révéler pour la première fois la géométrie tridimensionnelle de ses pores dont la connectivité limite l'extraction des hydrocarbures.

L'extraction de pétrole et de gaz depuis les roches mères a récemment été rendue possible par la fracturation hydraulique. Outre les problématiques environnementales qu'elle suscite, cette technique draine les hydrocarbures de manière très inefficace. Elle entraîne invariablement une différence notable entre les réserves naturelles disponibles et les volumes finalement produits. Les mécanismes de formation et de confinement des hydrocarbures dans la roche mère sont en effet mal connus, ce qui complique leur exploitation. Pour comprendre ce problème, des géologues et des physiciens du Centre interdisciplinaire de nanosciences de Marseille (CINaM, CNRS/Aix-Marseille Université) et de l'unité mixte internationale Multi-Scale Materials Science for Energy and Environment (<MSE>², CNRS/MIT/Aix-Marseille Université) ont réalisé les toutes premières reconstructions 3D de cette matière organique en utilisant la tomographie électronique. Grâce au couplage à des simulations numériques d'élasticité et de diffusion, ils ont montré l'existence d'un réseau de pores, d'une taille comprise entre 0,3 et 2 nanomètres, au sein de la roche mère, qui limite la diffusion des hydrocarbures.

Les réseaux révélés par la tomographie électronique forment un environnement trop confiné pour que les équations qui décrivent habituellement le mouvement des fluides newtoniens (Navier-Stokes) soient utilisables. Ici, c'est la topologie du réseau poreux qui détermine à la fois l'élasticité de la matière organique et le transport des hydrocarbures dans la roche mère. Les chercheurs en ont tiré un modèle mathématique pour évaluer des effets compétitifs entre l'adsorption et les processus de diffusion. Ils en concluent que lorsque la roche mère n'est pas assez mature, c'est-à-dire qu'elle contient beaucoup d'oxygène et d'hydrogène, le réseau de pores n'est pas suffisamment développé pour rendre le gisement productif. En outre, ils suggèrent que le CO₂ serait plus efficace et moins polluant que l'eau pour la fracturation, car il peut expulser et remplacer le méthane dans des pores trop petits pour l'eau. Ce couplage imagerie et simulation numérique pourrait également s'appliquer à d'autres matériaux poreux (zéolithes, argillites, verres, etc.), afin d'établir les liens entre les modèles moléculaires et leurs propriétés d'intérêt pour l'ingénierie.





Reconstruction 3D d'une tranche de matière organique provenant du bassin de Lower Eagle Ford (TX, USA) par tomographie électronique. a. Maillage de la surface de la matrice de carbone amorphe constituant la matière. b. Cartographie des diamètres d'ouverture des pores permettant le transport des hydrocarbures.

© Jeremie Berthonneau

Bibliographie

Mesoscale structure, mechanics, and transport properties of source rocks' organic pore networks.

Jeremie Berthonneau, Amaël Obliger, Pierre-Louis Valdenaire, Olivier Grauby, Daniel Ferry, Damien Chaudanson, Pierre Levitz, Jae Jin Kim, Franz-Josef Ulm et Roland J.-M. Pellenq, *PNAS*, le 15 novembre 2018.

Contacts

Chercheur MSE² | Rolland Pellenq | pellenq@mit.edu

Communication INP | inp.com@cnr.fr